PARTIE TECHNIQUE

Recherche des critères de qualité du seigle

par Danièle ORLANDO - Jacky FISCHER - Laboratoire de l'I.T.C.F.

1. Objectifs

Alors que l'économie céréalière française connaît un contexte difficile, parmi les moyens d'assurer la pérennité des entreprises agricoles, il est souvent envisagé de diversifier les productions.

Tout en restant une culture bien maîtrisée, les agriculteurs français semblent choisir le seigle comme un des moyens de répondre aux contraintes actuelles.

Le débouché intéressant du seigle est la panification. Il s'avère qu'en France, nous ne cernons pas toujours bien les critères qui conditionnent son utilisation pour ce débouché.

Il nous a donc paru urgent de lancer un programme de recherche des critères de qualité du seigle en panification française.

Au préalable, nous avons cherché à élargir nos connaissances en consultant les travaux réalisés en R.F.A., le pays où le seigle reste une céréale très importante (1 768 800 T en 86). Nous avons ensuite élaboré un protocole dans le but d'adapter des méthodes proposées en R.F.A. à nos contraintes pratiques et aux procédés de panification française.

Deux sujets sont traités dans notre programme :

1. Etude du taux d'extraction

La couleur du pain est un critère important en panification du seigle.

Au cours de cette étude, nous avons voulu savoir jusqu'où nous pouvions incorporer des issues pour augmenter la couleur sans altérer la qualité du pain.

2. Etude des variétés

Différentes variétés de seigle sont cultivées en France. Il faut savoir si elles sont toutes panifiables.

En outre, nous avons profité de cette étude et de la diversité des lieux d'essais de l'I.T.C.F., pour prélever les différentes variétés dans différents lieux.

En effet, les minotiers préfèrent des lots de seigle issus de montagne ; nous voulions vérifier ce jugement.

2. Ce que nous apprend la bibliographie allemande

1. Les substances de gonflement du seigle sont des pentosanes

Les pentosanes hydrosolubles, qui ont la faculté de former des gels élastiques, sont principalement situés dans l'amande du grain. Ils ont des facultés d'absorption d'eau très élevées. Il en résulte qu'un équilibre pentosanes/amidon doit être respecté pour ne pas compromettre la valeur boulangère d'une farine. Selon SPICHER et STEPHAN, le rapport pentosanes/amidon optimum serait proche de 1/16.

2. La température d'empesage de l'amidon du seigle est voisine de la température optimale pour l'action de l'activité amylasique

Ainsi, les procédés de panification du seigle sont réalisés en milieu acide pour inhiber la dégradation de l'amidon par l'enzyme.

3. Matériel et méthodes

1. Matériel végétal

a) Etude du taux d'extraction

Un échantillon nous a été fourni par la Coopérative AGRI-CHER (Bourges). La variété est PETKUS-KURZSTROH (PETKUS-K) ; elle a été prélevée chez un agriculteur de la Sologne du Cher.

Les conditions de culture de la parcelle sont décrites dans le **tableau 1.**

b) Etude variétale

Sous cette seule dénomination sont en fait regroupés deux critères étudiés : la variété et le lieu de culture.

** Variété*

Nous avons choisi de travailler sur les 3 variétés les plus cultivées en France en 1986 : PETKUS-K, ELECT, DOMINANT.

** Lieu*

Nous souhaitions comparer deux milieux : la plaine et la montagne, qui sont peut-être deux modes de culture...

Plaine : nous avons prélevé nos échantillons à Satolas dans le Rhône.

Montagne : nous avons retenu Saint Flour dans le Cantal.

Pour ces deux lieux de prélèvement, il s'agit de champs d'essais I.T.C.F.

Notre dispositif statistique complet est à 2 facteurs croisés en randomisation totale, chacune des 3 variétés étant représentée dans chaque lieu. Les conditions de culture sont résumées dans le **tableau I.**

2. Méthodes

a) Teneur en eau

Nous appliquons la méthode de référence pratique selon la norme française V.03.707 de mars 1976.

b) Masse à l'hectolitre

Cette mesure est effectuée au Nilema-litre. Le mode opératoire est décrit dans le « Guide pratique d'analyses dans les Industries des Céréales » pages 108-110.

c) Masse de 1000 grains

Nous appliquons la norme française V.03.702 de décembre 1981.

d) Teneur en protéines

Cette analyse est effectuée selon la norme française V.03.050 de septembre 1970. La teneur en azote totale ainsi obtenue est multipliée par le coefficient 5,7 et rapportée à la matière sèche.

TABLEAU I — Origines et conditions de culture des échantillons

ECHANTILLONS		CONDITIONS DE CULTURE								
VARIETES	LIEU	DATE SEMIS	DATE RECOLTE	DENSITE SEMIS grains m²	AZOTE Nb AP	AZOTE DOSE (U)	HERBICIDE	FONGICIDE	NOTE VERSE 0-10	RENDEMENT MACHINE Q/ha
PETKUS K.	AGRICHER	12.11.86	—	450	1	160	ALLIEE	PUNCH C	— (Terpal)	50.00
PETKUS K	SATOLAS	31.10.86	31.07.87	300	2	185	TRAPAN + ACTRIL M	PUNCH C (x2)	0	56.20
ELECT	SATOLAS	31.10.86	31.10.87	300	2	185	TRAPAN + ACTRIL M	PUNCH C (x2)	0	54.40
DOMINANT	SATOLAS	31.10.86	31.07.87	300	2	185	TRAPAN + ACTRIL M	PUNCH C (x2)	0	50.10
PETKUS K.	SAINT FLOUR	9.10.86	20.08.87	300	1	65	IX07 + BIFOX		7	70.00
ELECT	SAINT FLOUR	9.10.86	20.08.87	300	1	65	IX07 + BIFOX		7	70.00
DOMINANT	SAINT FLOUR	9.10.86	20.08.87	300	1	65	IX07 + BIFOX			67.00

e) Temps de chute de Hagberg

La mesure est effectuée selon la norme française V.03.703 de mars 1972.

f) Teneur en cendres

Nous appliquons la norme française V.03.720 de décembre 1981.

g) Particle Size Index (P.S.I.)

Nous appliquons la méthode décrite dans l'article de J. LE BRUN et B. MAHAUT. Dureté des blés français : 1er banc d'essai, paru dans Industries des Céréales de juillet-août 1988 - pages 13-16.

h) Moutures

Les moutures sont effectuées selon un type semi-industriel sur les moulins de l'ENSMIC.

Les types 85 et 130 de l'étude du taux d'extraction sont obtenus en ajoutant des rémoulages et si nécessaire des fins sons à la farine brute (type 70) jusqu'à ajustement de la teneur en cendres souhaitée.

De même, dans l'étude des variétés, nous avons ajusté la teneur en cendres de 0,85 % en ajoutant des rémoulages.

i) Taux d'extraction

Les taux d'extraction publiés dans les tableaux de résultats ont été calculés de façons différentes selon l'étude :

** Etude du taux d'extraction*

$$\text{taux d'extraction} = \frac{\text{masse de farine type}}{\text{masse grains}}$$

** Etude de la variété*

$$\text{taux d'extraction} = \frac{\text{masse de farine brute}}{\text{masse de grains}}$$

j) Teneur en pentosanes

La méthode appliquée a été décrite par J. CERNING et A. GUILBOT dans Cereal Chemistry 50 (2) pages 176-184 (1973). A cette occasion, il faut remercier M. DUCROO (GIST BROCADES) qui a effectué les analyses à titre gracieux.

k) Teneur en amidon

La méthode est effectuée selon la norme ICC n° 123. La méthode EWERS (hydrolyse acide et mesure polarimétrique) est appliquée et la mesure est rapportée à la matière sèche.

l) Essai à l'amylographe

Nous appliquons la norme ICC n° 126.

Au cours de l'essai, nous mesurons le point de gélification maximum (PGM), la température du point de gélification maximum (TPGM) et l'indice de liquéfaction (ind.liq.).

$$\text{ind.liq.} = \frac{\text{PGM}}{\text{PGM - PG + 10 mn}} \times 100$$

m) Colorimétrie

** Indice Kent-Jones*

La mesure est effectuée selon le mode d'emploi de l'appareil Kent-Jones. Le principe repose sur la mesure de la couleur de la farine par rapport à un témoin.

La farine de seigle se comportant différemment de celle du blé, la prise d'essai est de 25 g dispersée dans 75 ml d'eau d'eau distillée.

** Test Pekar*

Il nous permet d'expliquer l'origine de la couleur (fond ou piqûres) mesurées par l'indice précédent. La méthode que nous appliquons est décrite par J. BURE - La Chimie du blé - E.F.M. 6e édition.

n) Panifications (Voir tableau II)

4. Interprétations des résultats

1. Etude du taux d'extraction

a) Teneur en pentosanes

La teneur en pentosanes augmente avec la teneur en cendres. La plupart des pentosanes est située dans les enveloppes (**figure 1**).

Pour confirmer cette relation relevée avec 3 points, nous avons effectué une régression avec l'ensemble des échantillons de notre programme, additionné d'un échantillon fourni par un Minotier.

Le **tableau III** rassemble les données intervenant dans l'analyse.

Avec un coefficient de corrélation (r) de 0,94 et un coefficient de détermination (r^2) de 0,88 (qui nous précise que notre régression est de bonne qualité car proche de 1. r^2 = SCE TOTALE/SCE régression). Dans la limite des teneurs en cendres de l'analyse (0,73 à 1,33) nous obtenons la relation suivante :

teneur en pentosanes = 13,5905 x $\log_{10}$ (teneur en cendres) + 5.3693.

La **figure 2** visualise notre équation de régresion et la position de chacune de nos données.

TABLEAU II - Récapulatif des méthodes de panification utilisées

	Levure	Pâte fermentée	Levain	Additif
Farine totale %	100	100	100	100
Farine de seigle %	100	65	65	65
Farine de blé %	—	35	35	29
Gluten %	—	—	—	6
Acide ascorbique : ppm	—	—	—	50
Amylases fongiques : ppm	—	—	—	100
Levure : g	10	25	18	20
Sel : g	15	22	18	20
eau : %	70	60	68	68
Pétrissage : min	manuel : 4	Artofex: 4	Artofex: 4	Artofex: 4 + 4
Température de la pâte : °C	30	23	26	27
1ère fermentation en masse : min	45	30	30	15
Façonnage :	manuel	manuel	manuel	manuel
2e fermentation : min	60	45	50	55
Température du four : °C	10 min à 260°C	10 min à 260°C	10 min à 260°C	10 min à 260°C
Temps de cuisson : min	50 min à 230°C	60	60	60

TABLEAU III - Données intervenant dans la régression pentosanes-cendres

CENDRES	0,73	0,86	0,86	0,86	0,86	0,89	0,89	1,02	1,03	1,03	1,33	1,33
PENTOSANES	3,78	3,94	4,00	4,52	4,89	4,32	4,52	5,15	5,75	6,18	6,78	7,25

b) Teneur en amidon

A mesure que la teneur en cendres augmente, la proportion d'amidon diminue, ce qui est visualisé sur la **figure 3.**

L'objectif de cette mesure est surtout de voir comment se comporte le rapport pentosanes/amidon. En effet, au cours de notre recherche bibliographique, nous avons relevé que SPICHER et STEPHAN précisent que si le rapport pentosanes/amidon de la farine est égal à 1/16 (0,0625) la valeur boulangère est très bonne.

Nous constatons, sur la **figure 4**, qu'aucune farine ne présente un rapport suffisamment proche de 1/16.

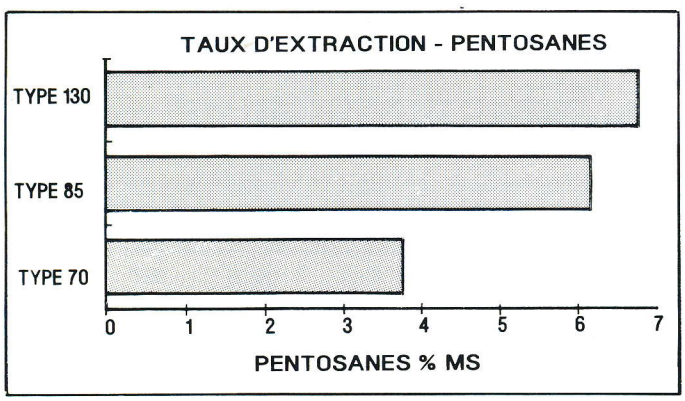

Figure 1

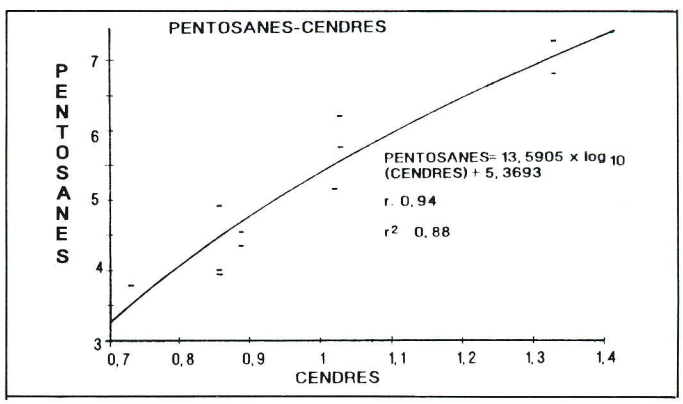

Figure 2

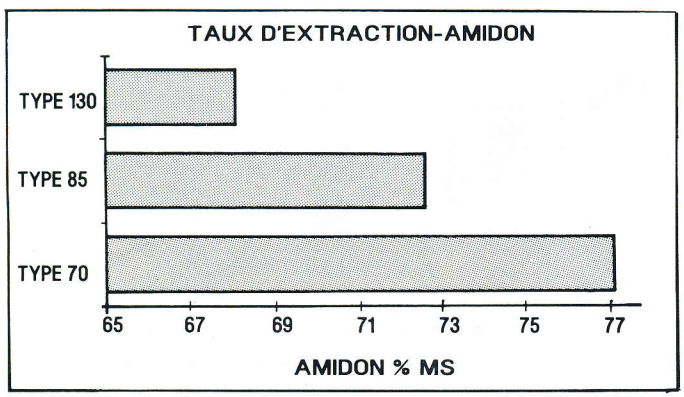

Figure 3

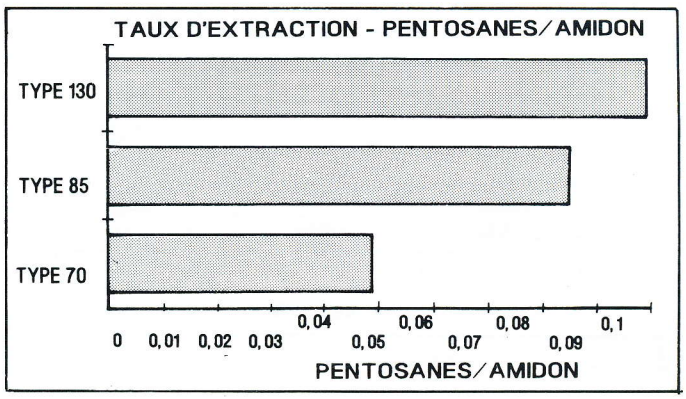

Figure 4

c) Essai à l'amylographe

Comme le préconise la plupart des auteurs allemands, nous avons relevé, au cours de l'essai à l'amylographe, le point de gélification maximum (PGM), la température du PGM (TPGM) et l'indice de liquéfaction (ind.liq.).

Rappelons en outre que l'acceptation du seigle en qualité panifiable à l'Intervention pour 1988-89 est conditionnée par les valeurs minimales suivantes :

200 unités Brabender et 63° C au point de gélification maximum sur mouture entière.

Nous avons cherché à connaître l'évolution de ces critères en fonction du type de farine.

La **figure 5**, montre que le PGM s'abaisse quand le taux d'extraction augmente.

Il en est de même avec la température du PGM (TPGM) **(figure 6)** et dans une moindre mesure avec l'indice de liquéfaction (ind.liq.) **(figure 7).**

La recherche d'une relation entre la teneur en cendres et l'une de ces trois variables (ou une combinaison linéaire de trois), sur l'ensemble des échantillons du programme, ne nous permet pas d'aboutir à une régression significative.

d) Colorimétrie

Deux mesures complémentaires de la colorimétrie des farines sont effectuées : l'indice KENT-JONES et le test PEKAR.

Les deux mesures sont cohérentes avec la nature des farines : la couleur s'assombrit et le nombre de grosses piqûres augmente quand la teneur en cendres est plus élevée.

La **figure 8** visualise ces remarques.

e) Panifications

** Hydratation*

Les résultats d'hydratation de la **figure 9** montrent :

— que la farine de seigle panifiée à 100 % donne les hydratations les plus élevées, quel que soit le type, du fait de la présence de pentosanes en plus forte concentration ;

— que pour toutes les panifications, l'hydratation augmente avec la teneur en cendres ;

— que seule la panification avec pâte fermentée ne permet pas d'obtenir des hydratations supérieures à 60 %. Ceci est sans doute dû au temps de maturation de la pâte fermentée (18h à 22° C). Dans ces conditions, la pâte fixe moins bien l'eau, elle devient molle et collante ;

— que l'adjonction d'additifs ne permet pas d'obtenir l'hydratation obtenue en milieu acide sur levain.

** Note pâte*

Le calcul de la note pâte est précisé en **encadré.**

La note pâte regroupe deux caractéristiques essentielles : la consistance et le collant ; elles permettent de juger de l'état de viscosité et de souplesse de la pâte, ainsi que de la capacité de fixation et de rétention d'eau.

La farine type 70 a tendance à former des pâtes à viscosité faible, avec une moins bonne fixation d'eau. La pâte est souvent molle, parfois même légèrement collante, notamment dans le cas de l'essai de panification avec pâte fermentée. L'hydratation est également moins élevée que pour les autres types de farine.

La farine type 85 donne dans l'ensemble des pâtes assez ferme à ferme, avec une hydratation supérieure à la farine type 70.

Avec la farine type 130, on obtient des pâtes à viscosité plus élevée. Elles sont fermes, l'hydratation est plus élevée que pour la farine type 85.

En considérant la note pâte exprimée sur 20 points **(figure 10),** on s'aperçoit qu'avec la farine type 85 on obtient de bons résultats, du point de vue des qualités plastiques de la

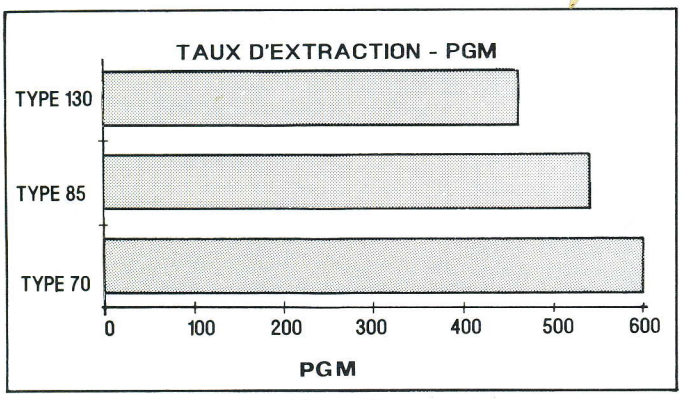

Figure 5

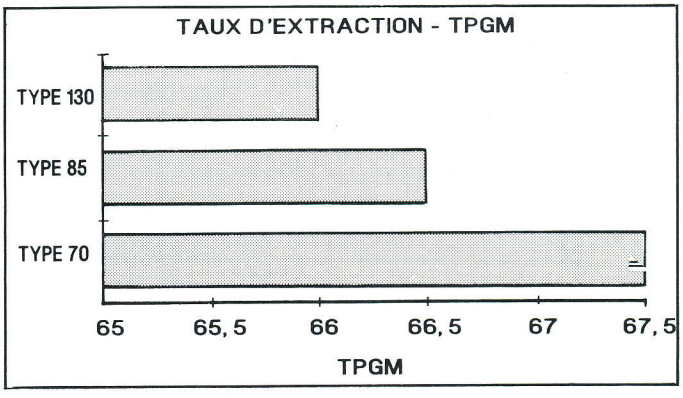

Figure 6

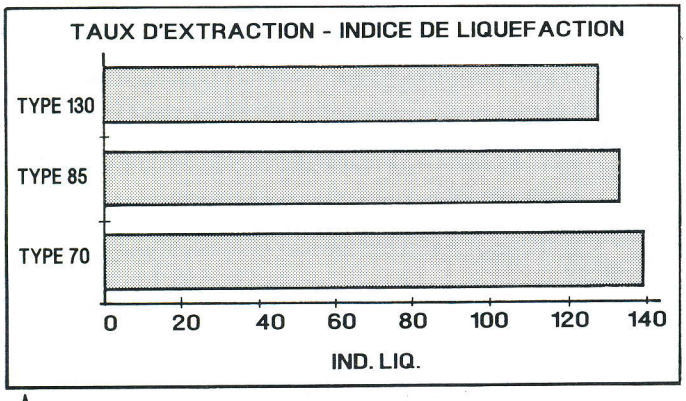

Figure 7

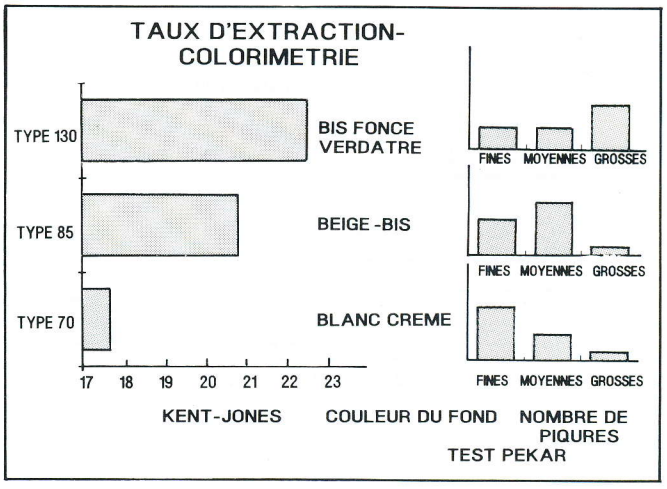

Figure 8

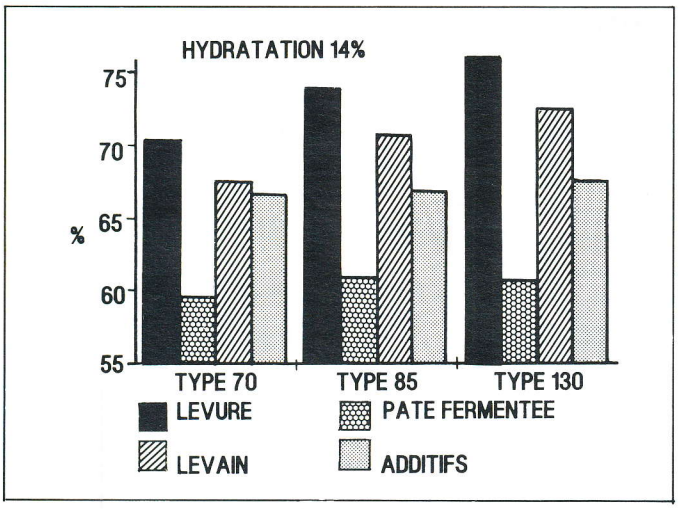

Figure 9

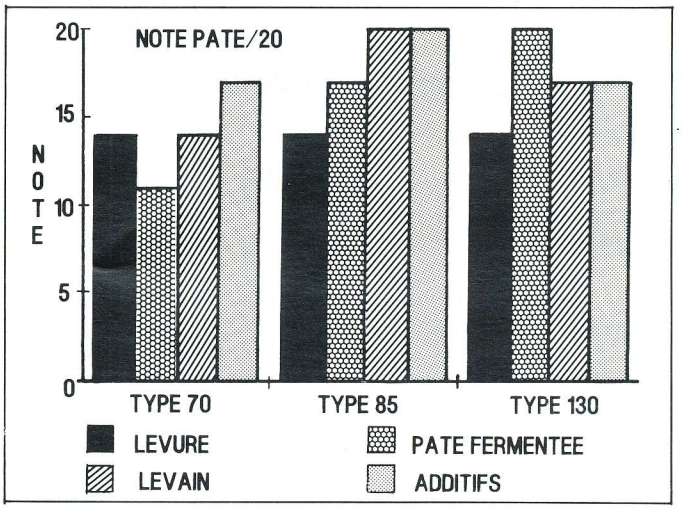

Figure 10

pâte : elle se rapproche cependant davantage de la farine type 130.

** Volume du pain*

En ce qui concerne le produit final, le volume représente un critère important pour le pain français. Par contre, dans le cas du pain de seigle, ce sont surtout les appréciations portées sur la texture, la souplesse et l'élasticité de la mie, qui sont prises en considération.

En considérant le volume des pains rapportés à 100 g **(figure 11)**, on observe que celui-ci diminue avec l'augmentation de la teneur en cendres de la farine, autrement dit avec le type de farine, et quelle que soit la méthode de panification utilisée. Les pains obtenus avec la farine type 70 sont les plus volumineux, tandis que ceux obtenus avec la farine type 130 sont les moins volumineux.

D'autre part, l'essai de panification avec additifs permet d'obtenir les pains les plus volumineux, sauf pour la farine type 130 ; avec cette farine, le travail sur levain améliore le volume.

La baisse de volume est plus importante avec additifs lorsqu'on passe de la farine type 70 à la farine type 130 : elle passe de 391cm³ à 258cm³, soit une diminution de 133cm³.

La perte de volume est moins élevée lorsqu'on utilise les méthodes indirectes de panification : la panification avec pâte fermentée et avec levain diminue le volume des pains d'environ 37cm³, en passant de la farine type 70 à la farine type 130.

La baisse notable de volume pour la farine type 130 pénalise la texture de la mie : elle devient serrée et n'est pas agréable à la mâche.

** Note totale/300*

La décomposition de la note totale est décrite en encadré.

Si on résume toutes les observations faites sur la pâte et le pain on retrouve l'influence du volume et de la texture de la mie dans la note globale. Toutefois, l'écart entre les types de farine diminue : les volumes élevés des pains obtenus avec la farine type 70 ne compensent pas la perte d'arômes des pains. Ce manque de faveur pénalise fortement la note totale.

La farine type 85 donne de meilleurs résultats vis-à-vis de l'équilibre flaveur-volume.

Les techniques de panification qui donnent les meilleurs résultats, quels que soient les types de farine, sont celles qui utilisent le levain.

Toutefois, la méthode sur levure 100 % seigle permet de faire abstraction de la qualité du blé qui peut y être associé dans les procédés français.

5. Conclusions

1 Etude du taux d'extraction

Dans la mesure où la teneur en pentosanes semble être un critère important pour la qualité de la farine

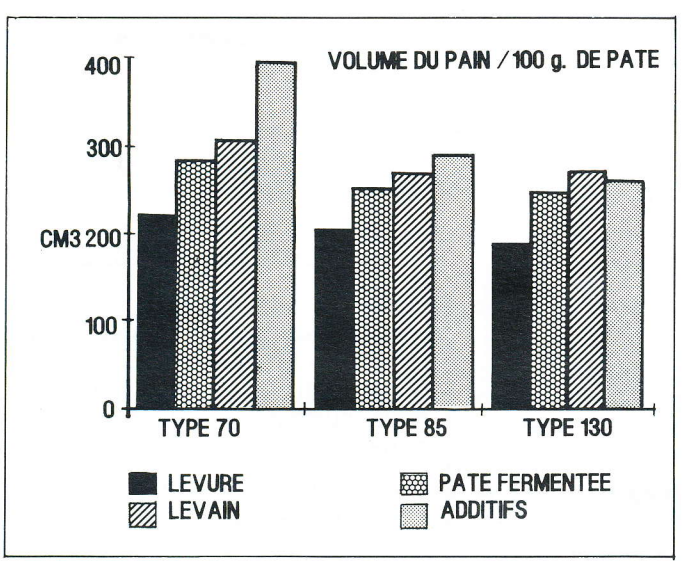

Figure 11

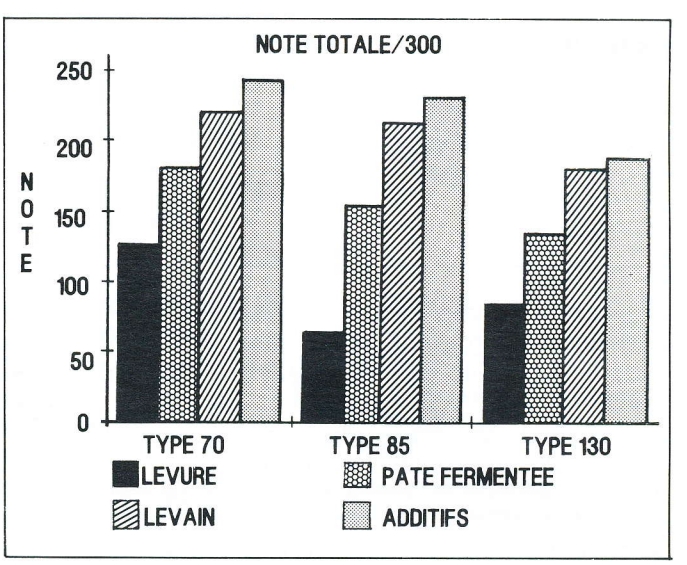

Figure 12

Echelles de notation

Appréciation de la pâte

Caractéristiques pâte	Note / 20
Consistance	**Note / 10**
Très ferme	1
Ferme	7
Assez ferme	10
Légèrement molle	7
Molle	4
Très molle	1
Aspect	**Note / 10**
Sèche	10
Légèrement collante	7
Collante	1

Aspect extérieur du pain

Section	Note / 10	X = Base/Hauteur
Très rond	4	X < 1,26
Rond	7	1,26 ≤ X < 1,38
Assez rond	10	1,39 < X < 1,50
Légèrement rond	10	1,51 < X < 1,62
Normale	10	1,63 < X < 1,74
Légèrement plate	7	1,75 < X < 1,86
Assez plate	4	1,87 < X < 1,98
Plate	4	1,99 < X ≤ 2,10
Très plate	1	X > 2,10

Aspect de la mie et consistance de la mie

Souplesse	Note / 10
Très bonne	10
Bonne	7
Bonne + «fissures»	4
Assez bonne	4
Médiocre (cavernes)	1
Texture et alvéolage	**Note / 10**
Aérée	10
Assez aérée	7
Assez serrée	7
Serrée	4
Très serrée	1
Elasticité	**Note / 10**
Très bonne	10
Bonne	8
Assez bonne	6
Passable	4
Insuffisante	1
Médiocre	0

Mâche	Note / 10
Bonne	10
Assez bonne	7
Légèrement collante	4
Collante	1
Très collante	0
Odeur-Saveur	**Note / 10**
Très bonne	10
Bonne	7
Assez bonne	4
Fade	1

Volume des pains (cm³ / 100g)

CM³	Note / 10
< 175	1
entre 175 et 200	2
entre 200 et 225	3
entre 225 et 250	4
entre 250 et 275	5
entre 275 et 300	6
entre 300 et 325	7
entre 325 et 350	8
entre 350 et 375	9
> 375	10

Décomposition de la note totale / 300

	Caractéristique pâte		Aspect Extérieur pain	Volume
	Consistance	Aspect	Section	cm³/100 g
Coefficient	1	1	2	2

	Aspect et consistance de la mie				
	Souplesse	Texture	Elasticité	Mâche	Odeur-Saveur
Coefficient	4	4	4	4	6

de seigle, il est intéressant de constater que cette mesure est corrélée avec la teneur en cendres, critère systématiquement évalué.

Une seconde remarque importante concerne l'augmentation de l'activité amylasique avec la teneur en cendres. Il faut donc veiller à rechercher le compromis convenable entre le taux d'extraction maximum et l'activité amylasique minimale, qui varie annuellement.

Au cours des panifications, nous avons constaté que l'hydratation augmente avec la teneur en cendres, quel que soit le procédé.

La farine type 70 donne des pains plus volumineux que les farines plus extraites : toutefois, ces pains développent moins de flaveurs.

La farine type 130 donne de bons résultats sur le plan du goût, cependant la texture de la mie est trop serrée et n'est pas agréable à la mâche, mais surtout, le volume est très pénalisé.

C'est finalement le type 85 qui donne le meilleur compromis intégrant flaveur et volume.

Des 4 modes de panification testés,

le procédé à la levure semble le plus sélectif, alors que la méthode sur levain donne du meilleur pain. En effet, le milieu acide ainsi créé :

— améliore la qualité plastique de la pâte par une meilleure fixation de l'eau par les pentosanes ;

— peut corriger d'éventuels excès amylasiques ;

— et favorise le développement des arômes retrouvés finalement dans le pain.

Il faut cependant se rattacher aux pratiques courantes de panifications françaises qui sont plutôt basées sur l'utilisation de mélanges « mix » comportant des additifs. La fabrication des pains de seigle à l'aide de ces mélanges présente l'avantage d'être plus rapide que les procédés sur levain. Son prix de revient plus élevé n'est pas préjudiciable : les consommateurs acceptent de payer plus cher les pains spéciaux.

Toutefois, ces mélanges n'apportent pas encore la saveur obtenue avec l'utilisation du levain.

Il serait souhaitable d'envisager d'étudier une association d'additifs qui apporteraient les mêmes avantages que le levain (acidité correctrice et précurseur d'arômes), sans pour autant être un procédé aussi long.

2. Etude variétale

La masse de 1000 grains nous permet de classer les variétés ELECT > DOMINANT > PETKUS et les lieux SAINT FLOUR > SATOLAS.

La colorimétrie dépend du lieu. C'est en plaine, à SATOLAS, que sont obtenues les farines les plus sombres. On ne retrouve toutefois plus cette différence sur les pains.

En panification, des pains plus volumineux et aux flaveurs plus développées sont obtenus à SAINT FLOUR. Il n'existe cependant pas de différence entre les variétés.

6. Bibliographie

— Guide pratique d'analyses dans les industries des céréales Edition LAVOISIER - 1984.

— Recueil des normes AFNOR Céréales et Produits céréaliers 1986.

— Compte rendu (interne ITCF) de la réunion seigle de février 1987.

— BURE J. - La chimie du blé E.F.M. 6° édition.

— BRÜMMER J.M. - Ermittlung der Wasseraufnahme von Roggen - Typenmehlen für den Sauerteig - Standard - Backversuch DIE MUHLE - Mischfuttertechnick 23/06/1987 - pp. 306-310.

— CERNING J., GUILBOT A. - A specific method for the determination of pentosans in cereals and cereals products. CEREAL CHEMISTRY 50 (2) pp. 176-184 - 1973.

— CERNING J., GUILBOT A. - Les pentosanes de la farine de blé, I Composition chimique, structure et propriétés. BULLETIN DE L'ECOLE DE MEUNERIE - nov.-déc. 1977 - pp. 307-314.

— GOTTWALD C.M., MENDEN E., und W. SEIBEL - Auswirkung der Substitution von Roggenmehlen durch hochausgemahlene Weizenmehle auf die sensorische Qualität und den Nährwert von Roggen und Weizenmischbroten. GETREIDE, MEHL UND BROT (37) 8-1983 - pp. 237-240.

— LE BRUN J., MAHAUT B. - Dureté des blés français : 1° banc d'essai. INDUSTRIE DES CEREALES - Juillet-Août 1988 - pp. 13-15.

— MEUSER F., SUCKOW P., ABDEL-GAWAD A. - Chemisch-physikalishe Charakterisierung von Roggenpentosanen. GETREIDE, MEHL UND BROT (40) 7-1986 - pp. 198-204.

— NURET H. - Considérations sur le seigle et la farine de seigle. Industrie des Céréales N° 19 - pp. 7-16.

— PELSHENKE, A. SCHULZ - Untersuchungen über sauerteighefe. Vorratspflege u Lebensm. Forsch. 5-1942 - pp. 154-163.

— SPICHER, STEPHAN H. - Handbuch sauerteig Biologie, Biochemie, Technologie 08-1988 BBV Wirtschaftsinformation GmbH Averhoffstrasse 10, 2000 HAMBURG 76.

— STEPHAN H. - Roggenmehl. Der Veroffentlichungen der Bundesforschungsanstalt für Getreide Verarbeitung n° 2437 - 10-1975 - pp. 141-148.

— WEIPERT D. - Zur Veurteilung des Verarbeitungswertes von Roggen GETREIDE, MEHL UND BROT (37) 8-1983 - pp. 229-234.

— WEIPERT D. - Brotroggen - Qualität und Beurteilung - DIE MUHLE + MISCHFUTTERTECHNICK (39) 9-83 - pp. 517-521.